

FOSSILE BÖDEN (fAh) IN EINER SCHUTTHALDE (ROTELSEE, SIMPLON-PASS VS)

von Hans-Niklaus Müller ¹

Résumé: Sols fossiles (fAh) dans un cône d'éboulis (Rotelsee, Col du Simplon, Vs)

Dans la région du col du Simplon (VS 2050 m), au-dessus du Rotelsee, des cônes herbeux ont été recouverts et fossilisés par les éboulis issus de la face du Hübschhorn.

Une coupe dans un cône montre une bonne stratification, ce qui permet de conclure que ce matériel postglaciaire ne s'est pas déposé de façon ininterrompue et qu'il est de genèse différenciée.

Les horizons fossilisés (fAh) sont l'expression — vue sous l'angle morphogénétique — d'une phase postglaciaire relativement calme qui a permis leur formation. La datation d'un des horizons a donné un âge de 2915 ± 195 AP. L'alternance de phases actives (accumulation due à une intense gélifraction) et passives (faible accumulation de débris et formation pédologique) ainsi que la mise en corrélation avec des sols morainiques fossiles fournissent des éléments expliquant les variations climatiques au col du Simplon.

Zusammenfassung

In der Schutthalde oberhalb des Rotelsees auf dem Simplon-Pass (VS, 2050 m) fanden sich ehemalige Schutthaldeoberflächen, welche durch Stein-schlagmaterial aus einer Wand des Hübschhorns zugeschüttet und dadurch fossilisiert wurden.

Der stark stratifizierte Schutthalden-Aufschluss zeigt, dass dieser postglaziale Schuttkörper keiner kurzfristigen, einheitlichen Bildung entstammt und nicht in ununterbrochenem Aufbau begriffen war.

Die A-Horizonte der fossilen Böden (fAh) sind — morphogenetisch betrachtet — Ausdruck von Zeiten relativer Ruhe im Postglazial, welche hier

¹ Dipl. nat., Geographisches Institut Universität Zürich, zZ. Institut für Alpengeographie Universität Innsbruck, Innrain 52, 6020 Innsbruck.

Bodenbildungen ermöglichten. Die Datierung eines Horizonts ergab das Alter von 2925 ± 195 BP.

Der Wechsel von aktiven Phasen (Schuttanlieferung in Zeiten vermehrter Spaltenfrosthätigkeit) und passiven Phasen (geringe Schuttakkumulation, klimatisch günstige Voraussetzungen für Bodenbildung) und die angestrebte Konnektierung mit fossilen Moränenböden werden Angaben über die postglazialen Klimaschwankungen am Simplon ermöglichen.

1. Einführung

In einer Schutthalde auf dem Simplon-Pass wurde durch umfangreiche Materialentnahme für Strassenbauten Einblick in deren Aufbau ermöglicht. Durch weitere eigene Grabungen zeigt sich der Schuttkörper jetzt sowohl in einem Längs- als auch Querprofil geöffnet. Dadurch kamen in Wechsellagerung mit Schuttmassen und Einschwemmungen mehrere fossile Bodenhorizonte (fAh) zum Vorschein. Es handelt sich — wie bei den fossilen Moränenböden auf Gäli Egga, Simplon (MÜLLER 1975) — um ehemalige Bodenbildungen auf einem postglazialen Schuttkörper. Dieser Befund steht im Gegensatz zu Beobachtungen wie sie beispielsweise von POSER (1954, S. 144) stammen. Danach ist der Aufbau der Schutthalden zwar verschieden je nach Schuttgrösse und Anteil von Fein- und Grobmaterial aber gleich «durch die bekannte Schuttsortierung im Sinne einer Abfolge vom feineren zum gröberen Material auf dem Haldenhang von oben nach unten». Die Schutthalde Rotelsee zeigt sich ausserdem durch die starke Stratifizierung weder in einem ununterbrochenen Aufbau noch als einheitliche und kurzfristige Ablagerung am Ende der Eiszeit wie FROMME (1955, S. 127) allgemein für Schutthalden annimmt. Er gibt zwar Hinweise auf feinere und gröbere Lagen innerhalb von Halden, ist aber der Meinung, dass das Material durch Zerstörung und Umlagerung durcheinandergemischt sei (S. 40f.) Über diesem Hauptschuttkörper, der zur postglazialen Wärmezeit von Vegetation besiedelt worden sei und eine Bodenbildung aufweise, findet er eine oberste Lockerschicht, die «masslich in die Zeit der Gletscherneubildung» (16./17. Jh) zu datieren sei (S. 55f). Diese Darstellung, die FROMME (1958, S. 85f) allerdings auch als schematisch bezeichnet, entbehrt nicht gewisser Spekulationen und ist eingebaut in das damalige Bild der postglazialen Klimaentwicklung (GAMS 1938). Sie erscheint schon dadurch fragwürdig, als in dieser angeblichen Bodenbildung der sog. postglazialen Wärmezeit die heutige Vegetation wurzelt.

LECHNER (1967/68, S. 99) vertritt ebenfalls eine Zweigliederung, unterteilt aber den Hauptschuttkörper va. nach farblichen Kriterien differenzierter. KELLETAT (1969, S. 45) beschreibt für sehr geringmächtige Schuttdecken einen dreiteiligen Aufbau. Unter dem oberflächlichen Schuttpanzer findet er eine Feinmaterialsicht, die einem Blockhorizont über dem Anstehenden aufliegt. DÜRR (1970, S. 42) gliedert den Aufbau von Sturzhalden nach der Verwitterung dreiteilig. Eine oberflächliche Lockerschuttdecke liegt auf zwei unterschiedlich stark verwitterten Schutthorizonten über dem Felsuntergrund..

Von HARTMANN-BRENNER (1973) untersuchte Schutthalden zeigen unter einer «oberflächlichen Steinschlaghalde» eine «unbekannte Schuttmasse» (S. 39), die eine Sortierung in Feinerdeschichten mit einzelnen Schuttfragmenten und in Steinschichten mit reinem Steinskelett und mehr oder weniger Feinerde erkennen liess. Sie vermutet auf dem Felskern eine Steinschlaghalde als Primärform und darüberliegend als Folgeformen zwei oder mehrere Schichten, die in zwei Schutthalden durch einen fossilen Boden getrennt werden. Die Sortierung im Aufbau führt sie weitgehend auf Filterspülung zurück, die sie als besonders aktiv in Ruhezeiten schildert. Diese wechseln ab mit Schuttproduktions- und -umlagerungsphasen. Hypothetisch stellt sie diese bekannten Warm- und Kaltphasen gleich und hält ohne Einschränkungen fest, dass die Schutthaldenentwicklung ebenso die Klimaschwankungen widerspiegeln würde wie die Gletschervorstösse und Erdströme.

Aus meinen bisherigen Untersuchungen soll hier durch die Darlegung eines Profils der Schutthalde Rotelsee ua. zum Ausdruck kommen, dass die Entwicklung der Schutthalde von Klimaschwankungen beeinflusst ist, aber nicht ausschliesslich davon abhängen muss.

Die Pollenanalysen verdanke ich Herrn Dr. M. Küttel, Botanisches Institut Universität Stuttgart-Hohenheim und die C-14-Datierung Herrn Prof. Dr. M.A. Geyh, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung Hannover.

2. Arbeitsgebiet und Untersuchungsmethoden

Die Schutthalde liegt auf der Simplon-Passhöhe auf 2050 m ü. NN östlich des Rotelsees (Koord: 645 850/121 500, LK 1309 Simplon, 1:25 000) und befindet sich ausserhalb spätglazialer Moränen des Hübschgletschers (Abb. 1, 2).

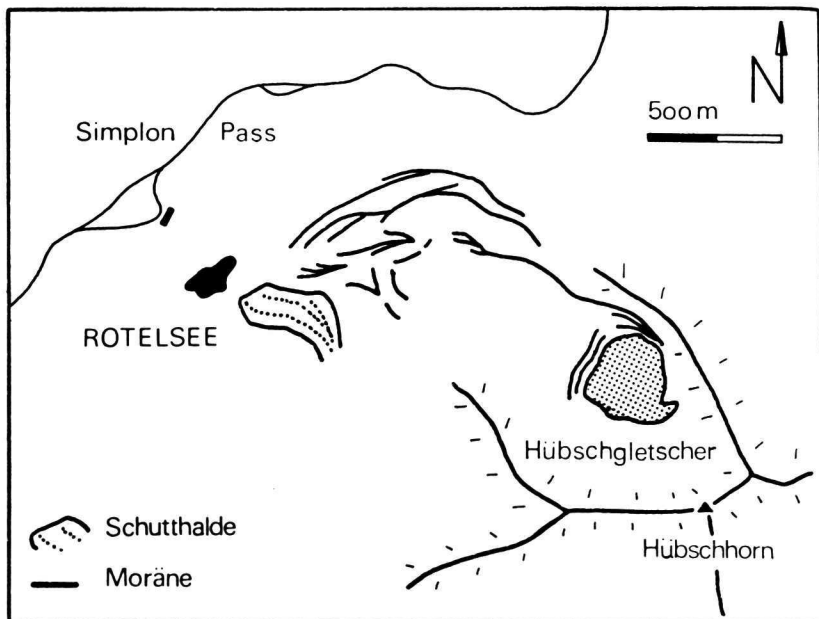


Abb. 1. Lage des Untersuchungsgebiets ROTELSEE auf dem Simplon-Pass
(Koord: 645 850/121 500).



Abb. 2. Ansicht Schutthalde Rotelsee,
Im Mittelgrund spätglaziale Moränen des Hübschgletschers, im Hinter-
grund Wasenhorn und Kaltwassergletscher.

Sie wird aufgebaut von Schutt aus dem westlichen Grat des Hübschhorns, der aus Alkalifeldspatgneisen und glimmerreichen Muskovit-Biotit-Gneisen besteht und zur Monte-Leone-Decke (Mittel-Penninikum) gehört.

Während die untersten Bereiche des Schuttkörpers noch an einen Gneisrundhöcker angelagert liegen, überschüttete der weitere Aufbau diesen vollends. Die stratigraphische Untergliederung (insbesondere durch die zutage getretenen fossilen Böden) lässt sich sowohl im Längs- als auch im Querprofil über den gesamten Aufschluss verfolgen.

Die einzelnen Profilhorizonte untersuchte ich im Labor auf ihren Gehalt an:

- organischem Kohlenstoff nach der Methode von Walkley-Black (in JACKSON 1962): Oxidation des Kohlenstoffs mit $K_2Cr_2O_7$ in schwefelsaurer Lösung. Dabei werden gegenüber der trockenen Veraschung nur 75 bis 80 % des organischen Kohlenstoffs erfasst;
 - Calcium und Magnesium (Ca^{2+} / Mg^{2+}): Titration mit Komplexon III;
 - pH: in 1-n KCl-Lösung mit Glaselektrode;
- sowie auf die
- Korngrößenverteilung, wobei für die Sandfraktion (2 — 0,06 mm) die Nasssiebung (20 min) und für die Schluff- und Tonfraktion ($< 0,06$ mm) die Aräometeranalyse angewandt wurden.

Zusätzliche Untersuchungen galten der

- Palynologie, wobei nicht nur Pollenspektren, sondern besonders die Pollendichten beachtet wurden;
- Radiokarbondatierung (C-14).

3. Die fossilen Schutthaldeböden

Die Schutthalde, deren Neigung im untersten Bereich 3° , im mittleren 8° und im obersten 15° beträgt, ist von alpinem Rasen bewachsen, der vereinzelt durch Steinschlagrunsen und Wasserrinnen aufgebrochen ist. Ansicht und Aufbau werden durch die Abb. 2, 3, 4 dargestellt.

Über dem erstaunlich stark und unterschiedlich tief (zwischen 0,3 bis 1,1 m) verwitterten Gneisrundhöcker lässt sich eine erste, umgelagerte Bodenbildung (25u, v, w) feststellen, die sich im untersten Teil des Aufschlusses über zwei verschiedene Schuttpakete (25x, y) erstreckt.

Darüberliegend wechseln

- Schuttmassen (25b, d, f, h+i, l, n, r, t) ab mit
- Feinsandsedimentationen mit Streifen organischen Materials (25k, o, q, s) und mit
- fossilen Bodenhorizonten (25a, c, e, g, m).

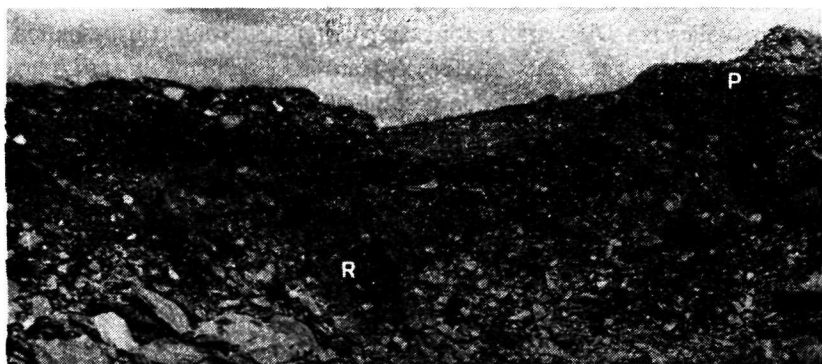


Abb. 3. Aufschluss Schutthalde Rotelsee

- fossile Böden (fAh)
- P Profil 25
- R Rundhöcker

Die unterschiedlich kompakten Schuttmassen sind Ablagerungen verschiedener Mächtigkeit und Gesteinsgrösse. Sie bestehen aus Steinschlagmaterial, das in Zeiten erhöhter Spaltenfrosttätigkeit aus einer Wand des Hübschhorns angeliefert wurde und somit Hinweise auf klimatisch ungünstige Zeiten geben. Die Feinsande sind als Sedimentationen kleiner, durch den Rundhöcker aufgestauter Stillwässer und ihre Streifen organischen Materials als Einschwemmungen anzusehen. Die Bodenhorizonte müssen als an Ort gewachsen betrachtet werden. Sie entstanden in klimatisch günstigen Zeiten relativer geomorphologischer Ruhe, in denen hier Bodenbildung möglich war. Während 25g eine Braunerde repräsentiert, handelt es sich bei den andern Böden um Ranker. Ihre Bildung wurde abgeschlossen durch sie überschüttende Steinschlagmassen. Es spricht bisher kein Befund dafür, dass andere Ereignisse, wie beispielsweise Muren oder Lawinen durch mitgeführtes Material oder lange liegengebliebenen Schnee einen Boden fossilisiert hätten.

Die Böden, deren Bildung neben den standörtlichen Voraussetzungen abhängig ist von günstigen klimatischen Bedingungen und deren zeitlichen Dauer, geben in Wechsellagerung mit kaltzeitlichen Schuttmassen

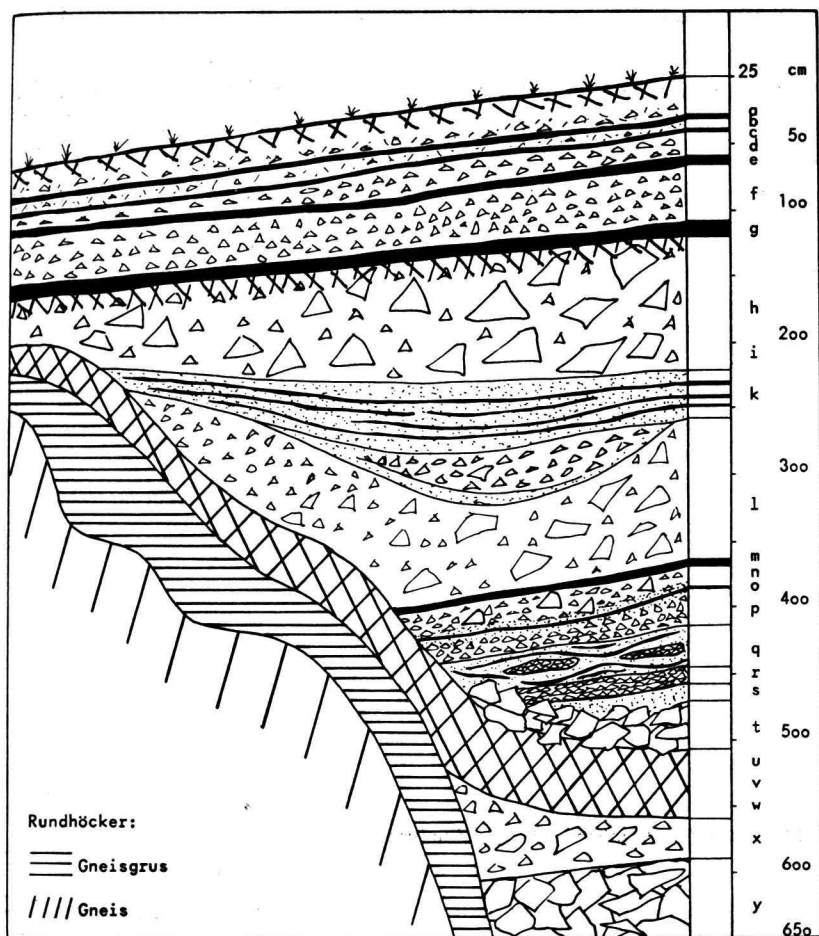


Abb. 4. Halbschematische Darstellung des Schutthalde-Aufschlusses (Längsprofil) mit Profil 25.

somit Hinweise über Klimaschwankungen im alpinen Postglazial. Zu einer klimageschichtlichen Interpretation dienen in erster Linie diese insitu gewachsenen Böden. Gewisse Möglichkeiten einer Auswertung bieten aber auch die Einschwemmungen organischen Materials, handelt es sich doch dabei um Ablagerungen, die aus dem heute noch gleichen Einzugsgebiet stammen.

Die Analysenergebnisse sämtlicher Profilhorizonte lassen die Bodenbildungen deutlich hervortreten (Abb. 5, 6). In der *Korngrößenverteilung* heben sie sich besonders klar durch den erhöhten Anteil

$< 60 \mu \varnothing$ hervor. Selbst die obersten, eng übereinanderliegenden Horizonte lassen sich in der Summationsdarstellung streng auseinanderhalten.

Ebenso deutlich unterscheidbar sind die Bodenhorizonte von den dazwischenliegenden Überschüttungen durch den *organisch-C-Gehalt*. Verständlicherweise treten auch die organischen Streifen der Einschwemmungen durch diese beiden Analysen hervor.

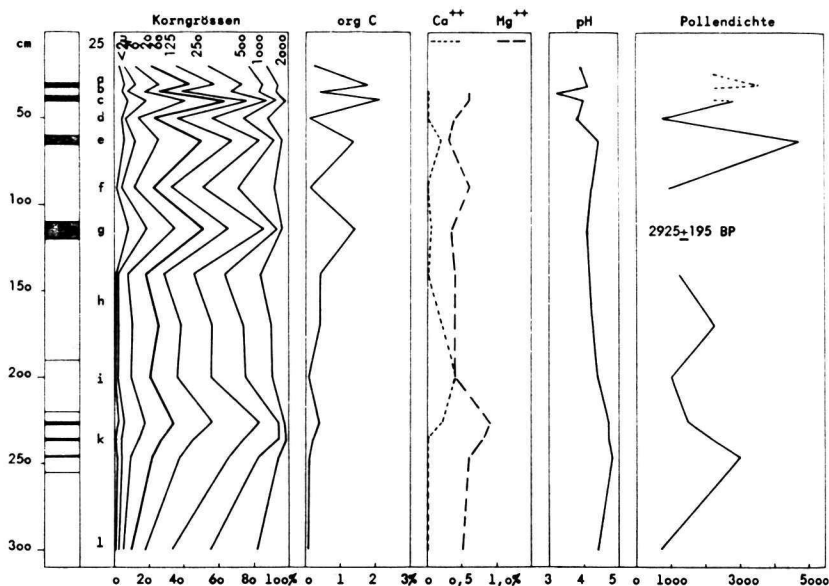


Abb. 5. Profil 25 (obere Hälfte), Analysen.

Die *pH-Untersuchung* ergab Werte im sauren bis stark sauren Bereich und eine nur ungenügende Differenzierung der Böden. Einerseits zeigt sich ein direkter Zusammenhang zum Einzugsgebiet, das aus penninischem Kristallin mit Gneis und zT. Serpentin-schiefer aufgebaut ist, die sauer verwittern. Nach BEARTH (1973, S. 16) dominieren in der Monte-Leone-Decke saure Eruptiva. Andererseits liegen die pH-Unterschiede in der Grössenordnung einer halben Einheit. Der leichte pH-Anstieg in den Bodenhorizonten könnte dadurch bewirkt sein, dass durch Meteorwasser Alkali- und Erdalkalitionen in die liegenden Horizonte eingeschwemmt und zT. in die Tonmineralien eingebaut wurden. Möglich wäre auch eine Karbonatisierung durch vorhandenes Boden- CO_2 .

Die auf karbonatfreie Bödenweisenden pH-Werte liessen eine Gesamtkarbonatbestimmung als zwecklos und die Angabe der Ionen-

konzentration der *Ca/Mg-Bestimmung* sinnvoller erscheinen, als deren Umrechnung in Karbonate. Es zeigt sich, dass diese Werte als Verwitterungsprodukte der kristallinen Gesteine anzusehen sind, wobei Mg aus Hornblende, Augit, Olivin, Biotit und zT. Serpentin und Ca aus Karbonatfeldspäten und Hornblende stammen können. Die Ca- und Mg-Anteile sind in stark sauren Böden sehr niedrig. Das ursprünglich vorhandene Ca und Mg ist weitgehend ausgewaschen. Die Analysen zeigen, dass sich eine Anreicherung hauptsächlich etwas unterhalb der schluff- und tonreichen Horizonte findet. Dabei kommt auch zum Ausdruck, wie Mg rascher als Ca wandert. Durch diese Perkolationscheinung scheinen die pH-Werte ausgewischt und die Bodenhorizonte nicht mehr durch eine erhöhte Versauerung charakterisiert.

Tab. 6. Analysenwerte der fossilen Schutthaldeböden (fAh) Rotelsee.

Boden	Korngrößen % < 60 μ	org C %	Ca ⁺⁺ %	Mg ⁺⁺ %	pH
25 a	41,8	1,8			4,1
c	53,3	2,1	0	0,6	4,0
e	50,0	1,4	0,2	0,3	4,4
g	54,1	1,4	0,1	0,3	4,1
m	48,2	0,5	0,2	0,4	4,5
u	52,8	0,5	0,6	1,0	4,4
v	42,5	0,4	0,2	1,3	4,6
w	34,9	0,3	0	0,9	4,5

Wie bereits durch die Untersuchung der fossilen Moränenböden (MÜLLER 1975) brachte die *Pollenanalyse* Ergebnisse, welche die chemischen Analysen unterstützen. Die damals festgehaltene Beobachtung, dass sich die Pollendichte zur Unterscheidung aktiver und passiver Phasen der Bodenbildung anbietet, wird bestätigt. Die Pollendichte im Präparat (Pollensumme pro 100 mm²), die ein ungefähres Abbild der Pollendichte im Sediment darstellt, ermöglicht durch die nicht streng quantitative Aufbereitung nur anhand grosser Schwankungen in der Dichte relevante Aussagen. Eine grosse Pollendichte kann bei kleinem Sedimentationszuwachs (dh. morphogenetisch betrachtet in relativen Ruhephasen) entstehen, sofern pollenproduzierende Pflanzen vorhanden sind und die Möglichkeit einer Verschwemmung ausgeschaltet ist.

Alle Böden heben sich durch stark höhere Pollendichte von den dazwischenliegenden Horizonten ab. Allerdings gilt dies teilweise auch für die Streifen organischen Materials der Einschwemmungshorizonte. Damit zeigt sich auch hier, dass es verfehlt wäre, allein aufgrund der Pollendichte auf einen Boden zu schliessen.

Eine Verlagerung von Pollenkörnern durch perkolierendes Wasser kann mindestens für Teile des Profils nicht ausgeschlossen werden, was sich ja auch durch die Ca/Mg-Analysen zeigt.

Die Pollenspektren ergeben für alle Proben ein ziemlich gleichförmiges Bild: Alpine Rasen, zT. mit einzelnen Dominanten (zB. Eriaceen, Salix). Eine lokale Bewaldung kann ausgeschlossen werden.

4. Zeitliche Stellung und klimageschichtliche Deutung

Letztmals war die Lokalität im frühen Spätglazial zur Zeit des gschnitz-äquivalenten Gletscherhochstandes von Eis bedeckt. Seit sicher rund 12 000 Jahren ist die Passfurche und auch die Passtalung eisfrei (KÜTTEL und MÜLLER 1977).

Es lässt sich also ein im Spätglazial beginnender Aufbau der Schutthalde denken. Allerdings bedarf der Vergrusungshorizont des Rundhöckers in diesem Zusammenhang einer besonderen Beachtung. Für seine Entstehung und zeitliche Einstufung können verschiedenartige hypothetische Annahmen getroffen werden. Da einige Analysen (Dünnschliff, Pollen, Tonmineralien) noch ausstehen, ist eine abschliessende Bewertung nicht möglich. Besonderes Interesse verdient die Datierung der fossilen Böden (fAh). Durch ihre stratifizierende Bedeutung kommt unverkennbar zum Ausdruck, dass die Schutthalde keineswegs in ununterbrochenem Aufbau begriffen war und dadurch Hinweise über die postglaziale Klimaentwicklung geben kann.

Die viertoberste Bodenbildung (25g) wurde mit 2925 ± 195 BP (Hv-8210) Jahren datiert. Dies steht mit dem Befund aus den Pollenanalysen einigermaßen in Einklang. Danach tritt bis zu diesem Horizont Juglans auf, was allgemein eine römische, resp. jüngere Einstufung erlaubt. Diese Bodenbildung, die unter- und überlagert ist von kaltzeitlichen Schuttmassen kommt in eine Warmphase vor die Göschener Kaltphase I (ZOLLER ua. 1966) zu liegen.

Durch weitere Datierungen lassen sich aktive und passive Phasen der Bodenbildung erfassen. Zeiten erhöhter Spaltenfrostatigkeit und damit erhöhter Schuttanlieferung werden abgelöst durch solche mor-

phogenetischer Ruhe mit nur geringer Schuttakkumulation, welche klimatisch günstige Zeiten für eine Bodenbildung aufzeigen. Hinweise über Ausmass und Dauer solcher Klimaschwankungen im alpinen Postglazial können besonders dann erhellt werden, wenn es gelingt, in verschiedenen Schuttkörpern zeitlich entsprechende Böden zu erfassen. Im Simplongebiet konnten fossile Böden ausserdem in Moränen und Erdströmen gefunden werden (MÜLLER 1975). Gelingt eine Konnektierung besonders mit den fossilen Moränenböden, deren Bildung durch erneute Gletschervorstösse abgeschlossen wurde, wird zudem ihre direkte klimabedingte Entstehung ausgewiesen.

5. Literatur

- BEARTH P. 1973. *Erläuterungen zum Geologischen Atlas der Schweiz, Blatt Simplon*. Basel.
- DÜRR E. 1970. *Kalkalpine Sturzhalden und Sturzschuttbildungen in den westlichen Dolomiten*. Tüb. geogr. Studien 37. Tübingen.
- FROMME G. 1955. *Kalkalpine Schuttablagerungen als Elemente nacheiszeitlicher Landschaftsformung im Karwendelgebirge*. Veröff. Mus. Ferd. Innsbruck.
- 1958. *Klimageschichte und alpine Landformung*. Die Pyramide 6: 78-86. Innsbruck.
- GAMS H. 1938. *Die nacheiszeitliche Geschichte der Alpenflora*. Jb. d. Ver. z. Schutze d. Alpenpfl. u. -tiere 10: 9-34. München.
- HARTMANN-BRENNER D.-C. 1973. *Ein Beitrag zum Problem der Schutthaldenentwicklung an Beispielen des Schweizerischen Nationalparks und Spitzbergens*. Diss. Uni. Zürich.
- JACKSON M.L. 1962. *Soil chemical analysis*. London.
- KELLETAT D. 1969. *Verbreitung und Vergesellschaftung rezenter Periglazialerscheinungen im Apennin*. Gött. geogr. Abh. H. 48, Göttingen.
- KÜTTEL M. und MÜLLER H.-N. 1977. *Gletscher-, vegetations- und klimageschichtliche Untersuchungen im Simplongebiet*. Führer Alpqua 77: 42-49, Zürich.
- LECHNER A. 1967/68. *Zur Geomorphologie des östlichen Toten Gebirges (Prielgruppe)*. Geogr. Jber. a. Oester. 32: 80-108, Wien.
- MÜLLER H.-N. 1975. *Fossile Böden (fAh) in Moränen (Gäli Egga, Rossbodengebiet Simplon VS)*. Bull. Murith. 92: 21-31, Sion.
- POSER H. 1954. *Die Periglazial-Erscheinungen in der Umgebung der Gletscher des Zemmgrundes (Zillertaler Alpen)*. Gött. geogr. Abh. H. 15: 125-180, Göttingen.
- ZOLLER H., SCHINDLER C. und RÖTHLISBERGER H. 1966. *Postglaziale Gletscherstände und Klimaschwankungen im Gotthardmassiv und Vorder- rheingebiet*. Verh. Natf. Ges. Basel, 77 (2): 97-164, Basel.

